

Mappatura speditiva dei danni da immagini satellitari a supporto della risposta all'emergenza

Original

Mappatura speditiva dei danni da immagini satellitari a supporto della risposta all'emergenza / Ajmar, Andrea; Boccardo, Piero; GIULIO TONOLO, Fabio. - In: ATTI E RASSEGNA TECNICA. - ISSN 0004-7287. - STAMPA. - L'esperienza interdisciplinare della task force del Politecnico di Torino per il terremoto del Centro Italia (2016-2017). Sviluppi e prospettive.:LXXIII, N. 3(2019), pp. 32-40.

Availability:

This version is available at: 11583/2839353 since: 2020-07-10T10:33:11Z

Publisher:

SIAT - Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino

Published

DOI:

Terms of use:

openAccess

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

Mappatura speditiva dei danni da immagini satellitari a supporto della risposta all'emergenza

Satellite based rapid mapping to assess damages in support of emergency management

ANDREA AJMAR, PIERO BOCCARDO, FABIO GIULIO TONOLO

Abstract

Il presente saggio illustra le attività di mappatura speditiva dei danni basata su immagini satellitari condotte dal servizio europeo Copernicus Emergency Management Service (CEMS) – Rapid Mapping a supporto della gestione dell'emergenza causata dai terremoti. Il paragrafo introduttivo è incentrato sulla cartografia speditiva da immagini satellitari (Satellite-based Emergency Mapping) e ne illustra brevemente il crescente utilizzo operativo ed il contesto internazionale. Il secondo paragrafo descrive la struttura del programma Copernicus ed i relativi servizi, fornendo dettagli relativi al servizio a supporto della gestione delle emergenze ed in particolare alla componente di cartografia speditiva (Rapid Mapping). Nel terzo paragrafo vengono descritte cronologicamente le attività svolte e le tipologie di prodotti forniti nell'ambito degli eventi sismici che hanno interessato il Centro Italia nel 2016 e 2017. Infine nel paragrafo conclusivo viene proposta una discussione critica delle attività svolte, evidenziando vantaggi e criticità delle metodologie attualmente adottate e proponendo una possibile integrazione con rilievi speditivi a terra, al fine di complementare sinergicamente le informazioni derivate da immagini satellitari.

This essay describes rapid mapping activities based on satellite imagery and it is focused on earthquake damage assessment carried out by the Rapid Mapping component of the Copernicus Emergency Management Service (CEMS). In the introduction section the potentials of satellite sensors, especially the very-high resolution optical ones, in providing value-added information to support the emergency response phase are discussed. Operational satellite-based emergency mapping mechanisms and their operational adoption at global level is also described. The second section provides a quick description of the European Union's Earth Observation Copernicus programme and its six different services, focusing on the Rapid Mapping service. In the third section the chronological history of the CEMS activations in response to the 2 main earthquake events that hit Central Italy in 2016 and 2017 is described, proving the details of the type of analyses and of products generated by the service. Finally, the fourth and last section contains a critical review of the activities carried out and of the related mapping products, highlighting benefits and drawbacks of the current approach: a possible workflow to integrate field surveys aimed at complementing damage assessment based on satellite imagery only is also suggested and discussed.

1. Cartografia d'emergenza basata su immagini satellitari

Con l'avvento dei sensori ottici ad altissima risoluzione geometrica all'inizio degli anni 2000, gli enti preposti alla gestione dell'emergenza, e in particolare

Andrea Ajmar, ricercatore di Geomatica, Politecnico di Torino, DIST
andrea.ajmar@polito.it

Piero Boccardo, professore ordinario di Geomatica, Politecnico di Torino, DIST
piero.boccardo@polito.it

Fabio Giulio Tonolo, professore associato di Geomatica, Politecnico di Torino, DAD
fabio.giuliotonolo@polito.it

all'organizzazione della risposta ai disastri naturali, hanno incominciato a interessarsi alle potenzialità offerte dai dati acquisiti da piattaforma satellitare.

Risoluzioni geometriche (Ground Sample Distance – GSD, ovvero la misura media a terra del lato di una cella dell'immagine) uguali o inferiori al metro consentono infatti di raggiungere un livello di dettaglio in fase di fotointerpretazione e classificazione dell'immagine fino a quel momento impensabile per satelliti di osservazione della terra a uso civile. I primi satelliti ad altissima risoluzione geometrica, Ikonos (GSD = 1 m) e Quickbird (GSD = 0,6 m), sono stati lanciati in orbita rispettivamente nel 1999 e nel 2001, mentre i satelliti Landsat, una delle prime missioni scientifiche accessibile dalla comunità internazionale iniziata negli anni settanta, erano caratterizzati all'epoca da una risoluzione massima di 30 metri. L'utilizzo di piattaforme satellitari consente inoltre di ottenere informazioni telerilevate di aree remote o difficilmente accessibili, anche a causa dei danni causati dal disastro. La sensibilità spettrale dei sensori al di fuori del solo spettro visibile li rende inoltre idonei a elaborazioni semi-automatiche per l'estrazione di informazioni altrimenti non rilevabili. Negli ultimi vent'anni si è quindi passati da una fase preliminare di indagine circa l'effettiva utilizzabilità di questa fonte dati per fornire informazioni rapide sulle aree maggiormente colpite da un'emergenza alla strutturazione di servizi operativi 24/7/365 progettati sulla base delle esigenze specifiche della gestione dell'emergenza.

La cartografia d'emergenza basata su immagini satellitari (satellite based emergency mapping o rapid mapping) è quindi diventata una tematica di ricerca applicata a sé, che vede l'utilizzo sinergico di differenti discipline afferenti alla geomatica, quali il telerilevamento, la cartografia ed i sistemi informativi geografici. La rilevanza di tale settore è avvalorata dalla nascita, nel 2012, del gruppo di lavoro internazionale IWG-SEM (International Working Group on Satellite based Emergency Mapping¹) che ha l'obiettivo di facilitare la collaborazione tra tutti gli organismi coinvolti, proponendo definizioni, linea guida e standard internazionali.

In tale ambito sono attive diverse iniziative internazionali ormai consolidate, quali l'International Charter Space and Major Disasters², Sentinel Asia³, UNOSAT (UNITAR's Operational Satellite Applications Programme⁴), NDRCC (National Disaster Reduction Centre of China) e il servizio europeo di gestione delle emergenze del programma Copernicus (Copernicus Emergency Management Service, © European Union, 2012-2019, CEMS⁵) oggetto di questo contributo (descritto approfonditamente nel paragrafo 2). Statistiche dettagliate su come queste iniziative siano state utilizzate in un periodo di 15 anni (dal 2000 al 2014) sono state generate e discusse in un articolo pubblicato sulla rivista Science⁶ che ha evidenziato:

- il crescente utilizzo a seguito degli eventi catastrofici più rilevanti, in particolare eventi idro-meteorologici, incendi, frane e terremoti;

- un miglioramento significativo delle prestazioni in termini di tempo necessario a fornire informazioni a valore aggiunto dalla disponibilità delle prime immagini post-evento utilizzabili, che si attestava nel 2014 a valori medi inferiori al giorno, attualmente ridotti a poche ore per alcune categorie di eventi (in particolare alluvioni e incendi);
- la necessità di migliorare il tempo necessario per acquisire immagini satellitari utilizzabili a valle di una richiesta di analisi, pari a circa due giorni nel 2014 e attualmente in fase di riduzione grazie alle migliori prestazioni delle (nuove) costellazioni di satelliti di osservazione della terra e all'utilizzo congiunto di modelli previsionali (purtroppo non disponibili per eventi sismici).

2. Il servizio Copernicus Emergency Management Service della Commissione Europea

2.1. Il Programma Europeo Copernicus

Il Programma Europeo di osservazione della terra Copernicus, precedentemente conosciuto come GMES (Global Monitoring for Environment and Security), è un insieme complesso di sistemi che raccoglie informazioni da molteplici fonti (satelliti di osservazione della Terra – inclusa la costellazione di satelliti Copernicus Sentinels – e sensori di terra, di mare e aviotrasportati). Integra ed elabora tutte queste informazioni, fornendo agli utenti, istituzionali ed afferenti al comparto industria, informazioni affidabili e aggiornate attraverso una serie di servizi che attengono all'ambiente, al territorio ed alla sicurezza. Copernicus ha tra i suoi obiettivi anche quello di garantire all'Europa una sostanziale indipendenza nel rilevamento e nella gestione dei dati sullo stato di salute del pianeta, supportando le necessità delle politiche pubbliche europee attraverso la fornitura di servizi precisi e affidabili.

I servizi erogati da Copernicus si dividono in sei aree tematiche: il suolo (Copernicus Land Monitoring Service, CLMS), il mare (Copernicus Marine Environment Monitoring Service, CMEMS), l'atmosfera (Copernicus Atmosphere Monitoring Service, CAMS), i cambiamenti climatici (Copernicus Climate Change Service, C3S), la gestione delle emergenze (CEMS) e la sicurezza (Copernicus Security Service, CSS).

2.2. Le componenti di CEMS

Il servizio CEMS fornisce informazioni per la risposta alle emergenze in relazione a diversi tipi di catastrofi, inclusi i rischi meteorologici, i rischi geofisici, i disastri causati dall'uomo intenzionali e accidentali e altri disastri umanitari, nonché le attività di prevenzione, preparazione, risposta e ricostruzione. CEMS è composto da cinque differenti componenti:

- CEMS Rapid Mapping (CEMS-RM) è concepito per supportare attività di risposta immediata a seguito di un

evento calamitoso tramite la predisposizione e condivisione di informazioni geospaziali entro poche ore o giorni dall'attivazione richiesta da utenti autorizzati: servizi di protezione civile nazionali a livello europeo o organizzazioni internazionali di tipo governativo o meno. Il portafoglio del servizio include una serie di prodotti standard: mappe di *reference*, finalizzate ad accertare la situazione prima dell'evento, *first estimate product*, per una prima rapida valutazione delle località più colpite (tale prodotto non era incluso nel servizio all'epoca degli eventi qui trattati), *delineation*, per delimitare l'estensione geografica dell'evento e *grading*, per valutare l'intensità e la portata dell'evento in termini di grado di danno occorso alle infrastrutture presenti nell'area colpita;

- CEMS Risk and Recovery Mapping (CEMS-RRM) è strutturato per supportare le fasi non legate alla risposta immediata (quindi prevenzione, preparazione e ricostruzione);
- European Flood Awareness System (EFAS) e Global Flood Awareness System (GloFAS) supportano la gestione del rischio di alluvioni a livello regionale, nazionale e globale. Le previsioni sono realizzate attraverso modelli idro-meteorologici che sfruttano, oltre a osservazioni in situ, anche dati satellitari;
- European Forest Fire Information System (EFFIS) fornisce indici di rischio e monitora gli incendi boschivi in tempo quasi reale;
- Drought Observatory (DO) fornisce informazioni rilevanti e avvisi tempestivi relativamente a eventi di siccità in Europa (EDO) e nel mondo (GDO).

3. Le attivazioni CEMS-Rapid Mapping per il terremoto in Centro Italia

3.1 Cronologia delle attività

L'evento sismico che ha colpito il Centro Italia tra il 2016 e il 2017 è stato caratterizzato da quattro eventi principali, avvenuti il 24 agosto 2016, il 26 e 30 ottobre 2016 (quest'ultimo con magnitudo 6.5, la più forte scossa di terremoto registrata in Italia negli ultimi 30 anni) e il 18 gennaio 2017, che progressivamente hanno messo sempre più alla prova il sistema di protezione civile nazionale⁷. Nel suo complesso, l'evento ha causato più di 300 vittime (quasi tutte a seguito della prima scossa), circa 360 feriti e l'allontanamento di circa 2000 persone dalle loro dimore⁸.

Il servizio CEMS-RM è stato attivato dal Dipartimento della Protezione Civile a ridosso di ognuno dei tre eventi.

3.1.1 Le attività a seguito dell'evento del 24 agosto 2016

L'evento del 24 agosto 2016 è avvenuto nelle primissime ore del mattino (1:36), con magnitudo registrata di 6.0 ed epicentro collocato tra i comuni di Accumoli, Amatrice (Rieti), Arquata del Tronto, Montegallo (Ascoli Piceno) e Norcia (Perugia)⁹.

Il Dipartimento della Protezione Civile italiano ha attivato poche ore dopo il servizio CEMS-RM (codice dell'attivazione EMSR177¹⁰), richiedendo dati e informazioni a supporto della pianificazione dei primissimi interventi nei luoghi colpiti. L'area colpita era estesa (la zona colpita comprendeva territori di pertinenza di quattro regioni differenti: Lazio, Marche, Umbria, Abruzzo), prevalentemente rurale e caratterizzata da insediamenti di dimensione medio-piccola, spesso collocati in aree montuose e con limitate vie di accesso. Fondamentale, quindi, era una valutazione speditiva delle aree maggiormente colpite e un'analisi dell'accessibilità per i mezzi di soccorso.

Nell'ambito dell'attivazione CEMS-RM EMSR177 sono state analizzate 33 differenti aree di interesse (AOI) in 4 cicli di monitoraggio (Figura 1). In totale, sono state prodotte 59 mappe di *grading*, oltre a 20 mappe di *reference*.

La prima serie di 13 mappe di inquadramento (con scale variabili tra 1:8.000 e 1:11.000) è stata prodotta con immagini satellitari ad altissima risoluzione (GSD ≤ 1 m) acquisite lo stesso giorno dell'evento: in 7 delle 13 aree analizzate sono stati individuati danni.

Le stesse 13 aree sono state monitorate grazie a un'immagine satellitare acquisita il giorno successivo (25/08/2016, GSD = 0,5 m) con l'obiettivo di aumentare il livello di copertura dell'analisi: le immagini utilizzate durante il primo ciclo, infatti, non coprivano completamente l'estensione delle aree di interesse e localmente erano affette da copertura nuvolosa. Grazie a questa nuova analisi sono stati individuati danni non riscontrati durante il precedente ciclo (Figura 2).

Lo stesso giorno l'analisi è stata anche condotta sulla base di un volo aereo ad altissima risoluzione (GSD = 0,1 m),

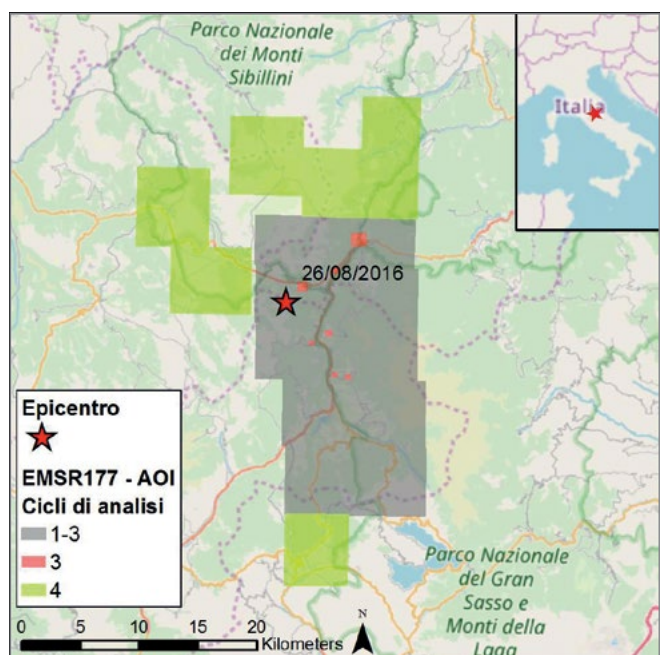


Figura 1. Le 33 aree di interesse dell'attivazione Copernicus Emergency Management Service (© 2016 European Union), EMSR177 e i relativi cicli di monitoraggio.

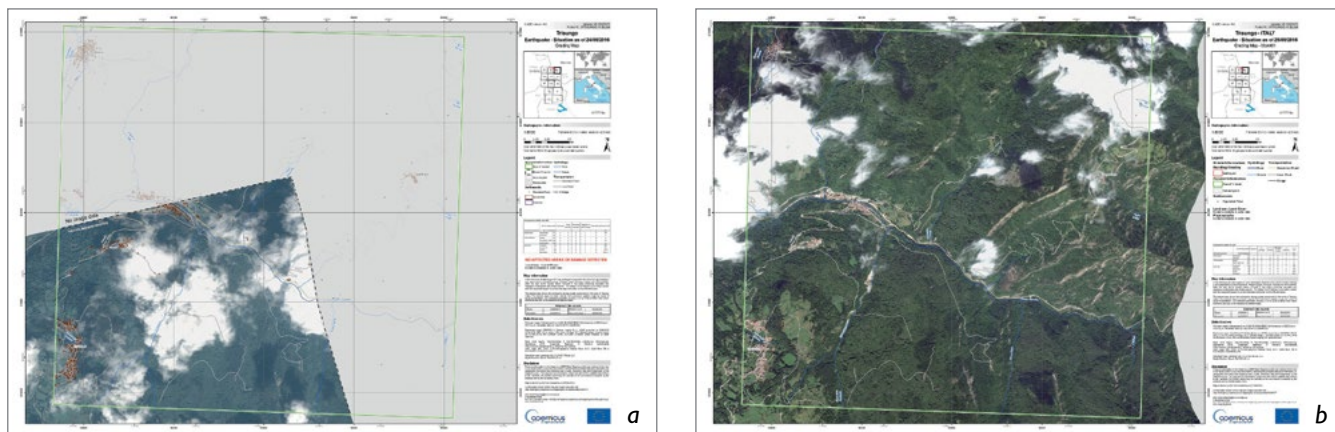


Figura 2. Copernicus Emergency Management Service (© 2016 European Union), EMSR177 - AOI03: la maggiore copertura dell'AOI nel secondo ciclo di monitoraggio (b) e la quasi totale complementarietà nella copertura nuvolosa rispetto al primo ciclo (a, in grigio le aree non coperte dall'immagine satellitare) hanno consentito di individuare danni prima non visibili.



Figura 3. Copernicus Emergency Management Service (© 2016 European Union), EMSR177: la maggiore risoluzione geometrica ed il livello di dettaglio delle immagini aeree (b, AOI25) rispetto ai dati satellitari (a, AOI08) ha consentito di aggiornare ed integrare la prima analisi dei danni.

grazie a un'iniziativa pilota finanziata dal servizio CEMS volta a valutare l'utilizzo sinergico di piattaforme aeree (con e senza pilota) e immagini satellitari. Oltre alle 13 aree di interesse originali, sono state identificate e analizzate ulteriori 13 aree di dettaglio (con scale variabili tra 1:1.000 e 1:2.000). Grazie alla maggior risoluzione geometrica delle immagini (e al conseguente maggior livello di dettaglio), alla maggiore scala di analisi e all'assenza degli effetti legati alla copertura nuvolosa, l'analisi dei danni è stata rivista e migliorata: in questa serie di prodotti sono evidenziati anche i primi campi allestiti dalla Protezione Civile (Figura 3).

Un ultimo ciclo di analisi è stato svolto nel mese di settembre 2016 su ulteriori 7 aree di interesse (con scale variabili tra 1:9.000 e 1:11.000), analizzate sulla base di immagini satellitari aventi GSD pari a 0,5 m.

3.1.2 Le attività a seguito degli eventi di ottobre 2016

Il 26 ottobre 2016 si sono verificate due scosse ravvicinate nel tempo e di simile intensità: la prima alle 19:10, con magnitudo pari a 5.4, la seconda alle 20:18, con magnitudo pari a 5.9. Il 30 Ottobre 2016 alle 7:40 è stata registrata la scossa più intensa dell'intero evento, con magnitudo 6.5. L'epicentro delle 3 scosse è stato localizzato nei comuni di Norcia (Perugia), Castelsantangelo sul Nera, Visso e Ussita (Macerata), circa 20 km a nord della scossa del 26/08/2016.

Il servizio CEMS-RM è stato attivato il 26/10/2016 dopo la seconda scossa (codice dell'attivazione EMSR190¹¹), producendo complessivamente 46 mappe di *grading*, anche in questo caso su 33 differenti AOI (Figura 4).

Su 8 AOI sono stati generati i primi prodotti tra la prima e la seconda scossa, sulla base di immagini satellitari ad altissima

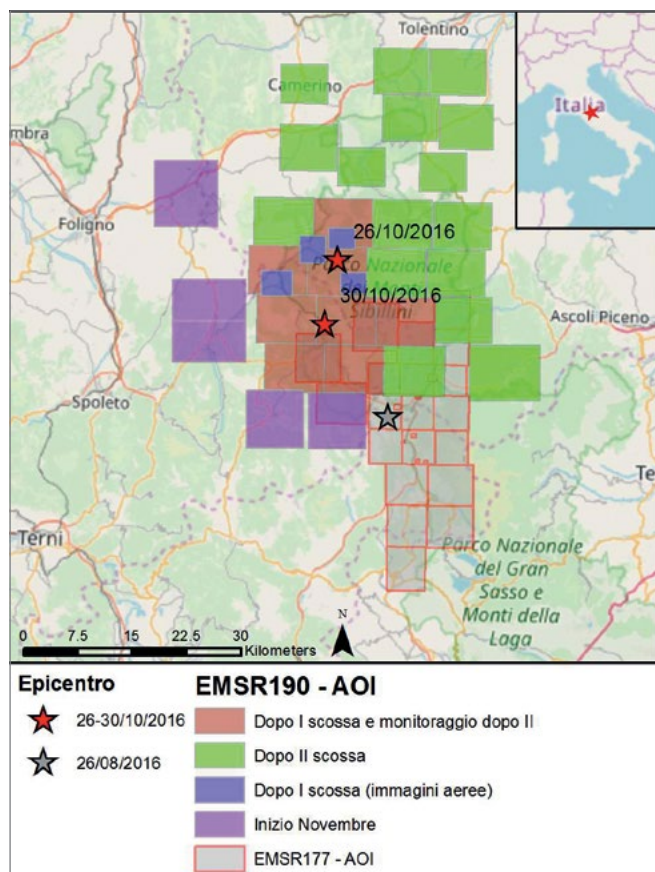


Figura 4. Le 33 aree di interesse dell'attivazione Copernicus Emergency Management Service (© 2016 European Union), EMS190 e i relativi cicli di monitoraggio.

risoluzione ($GSD \leq 0,5$ m) acquisite il 27 e il 28 ottobre. Su 16 AOI i prodotti sono stati generati solo dopo la seconda scossa, sulla base di un'immagine satellitare ad altissima risoluzione ($GSD = 0,3$ m) acquisita poche ore dopo la seconda scossa.

Ulteriori 4 AOI a maggiore scala (compresa tra 1:5.000 e 1:6.500) sono state analizzate sulla base di immagini aeree con $GSD = 0,1$ m acquisite in data 29 ottobre 2016 (quindi tra la prima e la seconda scossa).

Infine, 5 AOI sono state analizzate con immagini acquisite a metà novembre 2016.

3.1.3 Le attività a seguito degli eventi del 18 gennaio 2017

Il 18 gennaio 2017 tra le 10:25 e le 14:33 si sono verificate quattro scosse, di magnitudo tra 5.0 e 5.5, con epicentro nei comuni di Montereale, Pizzoli, Capitignano, Campotosto, Cagnano Amiterno (L'Aquila). Oltre alle problematiche connesse a un evento in aree già precedentemente colpite, le avverse condizioni meteorologiche (forti venti, intense nevicate e basse temperature) hanno contribuito ad accentuare l'impatto dell'evento (la valanga di Rigopiano – tristemente famosa per la distruzione di un albergo che ha causato diverse vittime – è connessa a questo evento sismico) e reso estremamente problematico l'intervento dei soccorritori.

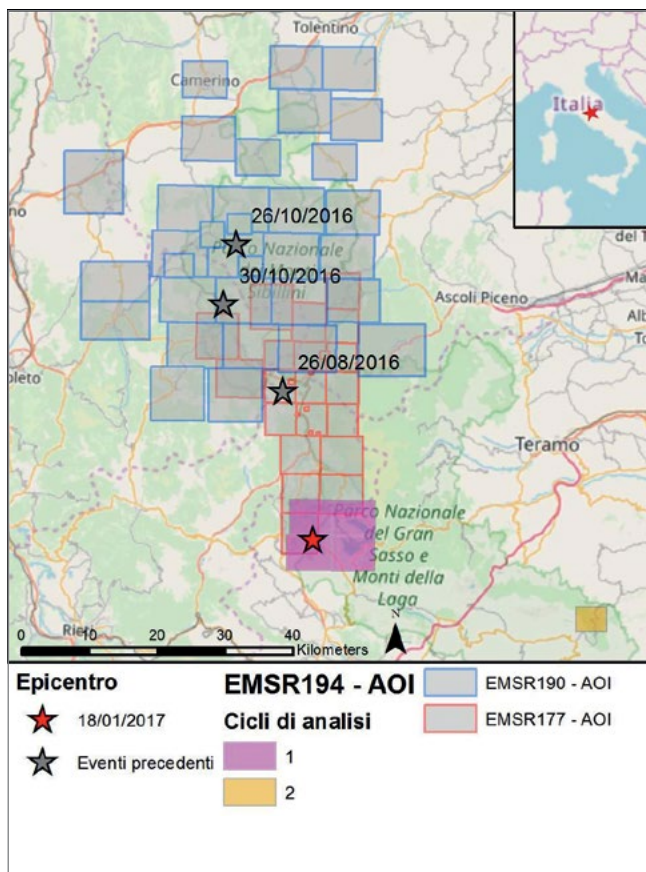


Figura 5. Le 5 aree di interesse dell'attivazione Copernicus Emergency Management Service (© 2016 European Union), EMS190 e i relativi cicli di monitoraggio.

Anche in questo caso il servizio CEMS-RM è stato attivato, con una procedura iniziata in data 19/01/2017 (codice dell'attivazione EMS194¹²) e ha portato al rilascio di cinque prodotti di *grading* su 5 AOI differenti (Figura 5). Quattro AOI sono state analizzate sulla base di un'unica immagine satellitare ad altissima risoluzione ($GSD = 0,5$ m) acquisita in data 21/01/2017, individuando danni in due delle quattro AOI.

Una ulteriore AOI, che include l'area di Rigopiano, è stata analizzata sulla base di un'immagine con $GSD = 0,5$ m acquisita in data 26/01/2017.

3.2 Prodotti principali e dati generati

Nell'ambito delle attivazioni CEMS-RM descritte nel paragrafo precedente, sono stati generati complessivamente 20 prodotti di *reference* e 110 prodotti di *grading*, disponibili al pubblico sul portale del servizio sia in formato cartografico (mappe in formato pdf, tiff o jpeg idonee alla stampa) sia in formato vettoriale (shapefile e kml). I dati vettoriali contengono tutti i layer utilizzati per la generazione dei prodotti cartografici e sono organizzati secondo un modello dati e una nomenclatura documentati e descritti nel *Product User Manual for Copernicus EMS Rapid Mapping*¹³. In particolare i dati vettoriali consentono agli utenti del servizio

di integrare le informazioni di danno presenti nei prodotti cartografici con altri dati geografici all'interno dei sistemi di gestione utilizzati dagli enti di protezione civile, al fine di estrarre informazioni che rispondano a esigenze specifiche (che generalmente differiscono dalla tipologia di utente).

I prodotti di *grading* sono stati finalizzati all'individuazione dei danni alle infrastrutture e all'edificato e alla presenza di interruzioni sulle vie di comunicazione collegabili direttamente all'evento sismico (danni all'infrastruttura di collegamento o accumuli di detrito) o indotti da questo (ad esempio frane o valanghe innescate dal sisma), come evidenziato nella legenda

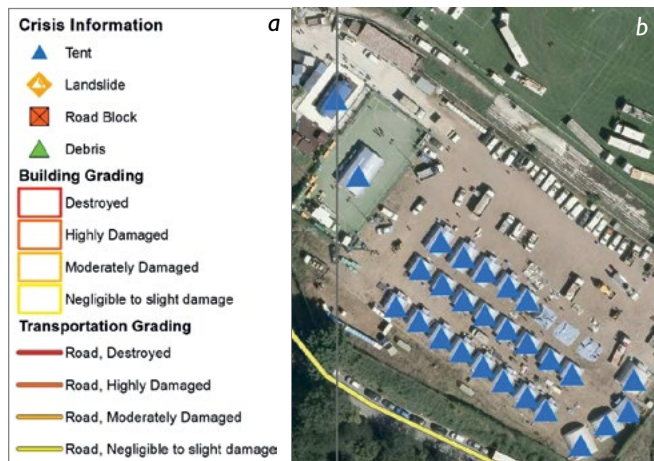


Figura 6. Copernicus Emergency Management Service (© 2016 European Union), EMSR177-AOI20 (Amatrice): dettaglio della legenda relativo alle informazioni di "Grading" (a) e particolare delle tende in fase di installazione da parte della Protezione Civile (b).

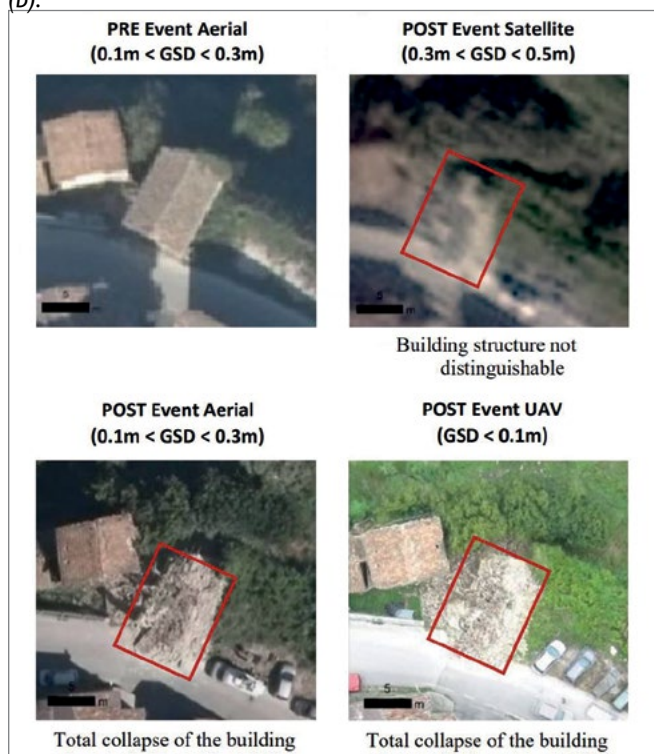


Figura 7. Scala di danno agli edifici proposta da IWG-SEM: esempio di linee guida interpretative per la classe "Destroyed".

di Figura 6a. Sono state inoltre evidenziate le aree con i campi allestiti dalla protezione civile (Figura 6b).

Relativamente alla classificazione del grado di danno subito da un'infrastruttura, all'epoca del terremoto in Centro Italia del 2016 il servizio CEMS-RM prevedeva cinque classi (*destroyed, highly damaged, moderately damaged, negligible to slight damage, no visible damages*) la cui definizione era basata sulla European Macroseismic Scale (EMS-98)¹⁴. Studi successivi, alcuni¹⁵ basati proprio sui dati generati a seguito del terremoto del 2016-2017, hanno dimostrato come, utilizzando immagini satellitari, l'accuratezza dell'attribuzione del danno delle classi intermedie sia tale da non rendere significativo il dato prodotto. Per tale ragione, il servizio CEMS-RM produce attualmente analisi del danno basate su quattro classi (*destroyed, damaged, possibly damaged, no visible damage*), classificazione adottata e proposta a livello internazionale anche da IWG-SEM.

L'analisi per generare tali prodotti è basata su tecniche di Computer Aided Photo Interpretation (CAPI), ovvero mediante fotointerpretazione delle immagini post-evento confrontate con quelle pre-evento. A tal fine sono state sviluppate apposite linee guida interpretative¹⁶ relative ad ognuna delle classi sopracitate, dove sono riportati esempi di immagini acquisite da piattaforme satellitari (con risoluzioni comprese tra 0,3 m e 0,5 m) e aeree (inclusi UAV, con risoluzioni inferiori ai 0,3 m). In Figura 7 viene riportato l'esempio relativo alla classe *destroyed*, definita come «*assigned to structures that are total or largely collapsed (>50%)*. *This category shall be assigned also when only a portion of the building has collapsed to the ground floor. In these cases, the original building structure is no longer distinguishable*».

4. Discussione

4.1 Utilizzo dei dati CEMS-RM da parte del Dipartimento della Protezione Civile

Come evidenziato nel paragrafo 3, la richiesta di attivazione del servizio CEMS-RM per la mappatura dei danni indotti dal terremoto attraverso l'analisi di immagini satellitari è stata inoltrata dal Dipartimento della Protezione Civile Italiana, utente autorizzato del servizio stesso¹⁷.

Rispetto all'utilizzo dei dati, la Protezione Civile ha sottolineato in un comunicato stampa¹⁸ come la gestione dell'emergenza nel Centro Italia abbia «fatto chiaramente emergere come integrare e armonizzare i numerosi ed eterogenei flussi informativi in una emergenza nazionale di protezione civile può rivelarsi fondamentale per supportarne in maniera efficace la complessiva gestione. I dati georeferenziati e le mappe si sono rivelati, nella pratica, strumenti di sintesi interdisciplinare estremamente utili per una vasta gamma di attività, [...] con le numerose problematiche legate alla raccolta, all'armonizzazione e alla gestione dei dati di quattro differenti regioni».

I dati prodotti dal servizio Copernicus sono stati resi disponibili a tutti i soggetti impegnati nelle attività sul territorio

attraverso un apposito geoportale finalizzato all'accesso, condivisione e integrazione di dati e informazioni georeferenziate, quali l'elaborazione delle cartografie regionali e catastali¹⁹ per supportare le attività di verifica di agibilità degli edifici.

Inoltre per la prima volta²⁰ sono state pubblicate sul sito istituzionale del Dipartimento a scopi di comunicazione mappe interattive²¹ accessibili da tutti i cittadini, con un focus sui seguenti temi e sfruttando anche i dati del servizio CEMS-RM:

- prima e dopo il terremoto: le immagini dall'alto²². Le mappe mostrano le immagini dall'alto di alcune località del Centro Italia prima e dopo le scosse del 24 agosto 2016, del 26 e del 30 ottobre 2016 e del 18 gennaio 2017 (Figura 8);
- le caratteristiche dei territori colpiti. Le mappe presentano un quadro della situazione socio-economica dei territori del Centro Italia prima degli eventi sismici di agosto e ottobre 2016 e gennaio 2017;
- le attività di ripristino della viabilità. La mappa rappresenta le attività in materia di ripristino e messa in sicurezza della rete stradale in seguito ai terremoti che hanno colpito il Centro Italia a partire dal 24 agosto 2016;
- soluzioni abitative in emergenza: lo stato di avanzamento dei lavori. La mappa rappresenta lo stato di avanzamento dei lavori nelle aree del cratere sismico in cui sono in via di realizzazione le Sae-Soluzioni abitative in emergenza;
- l'accoglienza temporanea nei container. La mappa rappresenta le aree in cui sono stati realizzati i moduli abitativi container all'interno del cratere sismico.

4.2 Possibili sviluppi futuri

Una valutazione dei danni alle infrastrutture, e agli edifici in modo particolare, basata unicamente su immagini nadirali o quasi nadirali, situazione che caratterizza la maggior parte

delle acquisizioni da satellite e da aereo, presenta – oltre a numerosi vantaggi legati principalmente all'estensione delle aree analizzabili e alle tempistiche relativamente ridotte – limiti di accuratezza ben noti, legati alle forti limitazioni nella possibilità di rilevare danni alle superfici verticali²³.

La rilevanza dell'accuratezza tematica è confermata dalle attività del modulo *Validation* del servizio CEMS, che si occupa anche della validazione delle analisi basate su dati satellitari e che, nell'ambito del terremoto in Centro Italia, ha effettuato diverse campagne di rilievo a terra a fine settembre 2016. I dati acquisiti (livello di danno rispetto alla scala EMS-98 e fotografia dell'edificio) sono stati resi disponibili attraverso un'applicazione webgis dedicata²⁴ (Figura 9).

L'integrazione con dati acquisiti a terra è una delle possibili soluzioni per incrementare l'accuratezza tematica complessiva dell'analisi di danno. Esistono piattaforme che forniscono applicazioni per l'acquisizione, lo *storage* e l'utilizzo di immagini terrestri tramite dispositivi dedicati o multiuso (anche semplici smartphone). Un esempio di tali piattaforme è Mapillary²⁵, una startup nata con l'ambizione di rappresentare i luoghi del mondo tramite immagini georiferite acquisite in modalità *crowd-sourced*, basata cioè sul contributo volontario di semplici cittadini.

A tal fine tre esperti dell'associazione Ithaca, anche grazie al supporto logistico del Dipartimento della Protezione Civile, hanno effettuato una campagna di rilievo con smartphone (con e senza stabilizzazione meccanica) nelle zone colpite di Norcia, Preci, Accumoli e Pescara del Tronto a dicembre 2016, rendendo i dati disponibili sulla piattaforma Mapillary (Figura 10a), a valle di una revisione delle immagini per la verifica del corretto oscuramento di volti e targhe. Verifiche sperimentali di utilizzo di tali dati congiuntamente



Figura 8. Prima e dopo il terremoto: le immagini dall'alto. Mappa interattiva pubblicata sul sito istituzionale del Dipartimento di Protezione Civile a scopi di comunicazione.

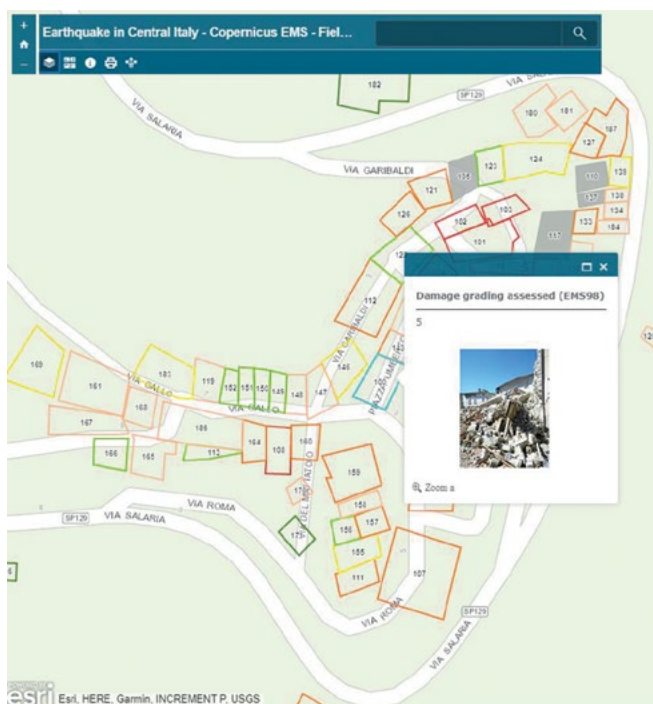


Figura 9. Applicazione WebGIS Copernicus Emergency Management Service (© 2016 European Union) – Validation con i dati del rilievo in situ (fotografia terrestre e classificazione EMS-98) a scopi di validazione delle analisi satellitari.

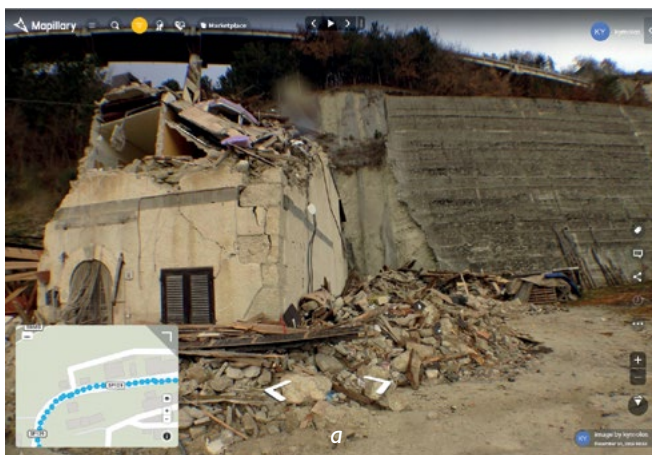


Figura 10. Esempio di un'immagine terrestre acquisita a Pescara del Tronto nel Dicembre 2018 (a) e il risultato del processamento di segmentazione automatica della piattaforma Mapillary (b) in cui la porzione di edificio rimasta in piedi è classificata come "Building" (grigio) mentre quella crollata come "Dynamic" (marrone chiaro). Fonte: <https://www.mapillary.com/appl/>.

alle immagini satellitari hanno confermato, come atteso, la possibilità di incrementare l'accuratezza complessiva nell'attribuzione del grado di danno agli edifici.

La maggiore criticità in fase di analisi è che le operazioni di valutazione del grado di danno agli edifici, sia da immagini satellitari sia da fotografie/video terrestri, sono attualmente basate (in ambiti operativi) su fotointerpretazione da parte di interpreti esperti. Questo richiede ovviamente uno sforzo considerevole in termini di ore/uomo e, conseguentemente, la necessità di stabilire la capacità massima di servizi quali CEMS-RM (attualmente espressa in termini di estensione areale).

Le linee di ricerca attuali si concentrano sulla possibilità di ridurre la necessità di fotointerpretare i dati acquisiti

attraverso l'utilizzo di algoritmi (semi)automatici, principalmente basati su tecniche di Deep Learning²⁶.

Anche Mapillary sviluppa e applica sistematicamente alle immagini caricate nei propri archivi algoritmi di segmentazione e classificazione, concepiti per estrarre informazioni utili per varie applicazioni, ad esempio a supporto della guida autonoma. Il risultato di tali algoritmi non è quindi attualmente ottimizzato per applicazioni finalizzate alla valutazione di danni: tuttavia già nella configurazione attuale può fornire indicazioni utili, come evidenziato in Figura 10b. Inoltre, la stessa piattaforma potrebbe essere utilizzata in futuro per applicare algoritmi specificamente concepiti per individuare e delimitare danni a beni immobili e infrastrutture.

Note

- ¹ www.iwgsem.org.
- ² <https://disasterscharter.org>.
- ³ <https://sentinel.tks.jp/>.
- ⁴ <https://unitar.org/unosat/>.
- ⁵ <https://emergency.copernicus.eu/mapping>.
- ⁶ Stefan Voigt, Fabio Giulio-Tonolo, Josh Lyons, Jan Kučera, Brenda Jones, Tobias Schneiderhan, Gabriel Platzeck, Kazuya Kaku, Manzul Kumar Hazarika, Lorant Czarán, Suju Li, Wendi Pedersen, Godstime Kadiri James, Catherine Proy, Denis Macharia Muthike, Jerome Bequignon, Debarati Guha-Sapir, *Global Trends In Satellite-Based Emergency Mapping*, in «Science», Vol. 353, Issue 6296, 2016, pp. 247-252.
- ⁷ <http://www.protezionecivile.gov.it/attivita-rischi/rischio-sismico/emergenze/centro-italia-2016>.
- ⁸ <https://emergency.copernicus.eu/mapping/ems/how-copernicus-emergency-management-service-supported-responses-major-earthquakes-central-italy>.
- ⁹ https://drmkc.jrc.ec.europa.eu/Portals/0/Partnerships/Seminars/2_Scientific_Seminar_DRMKC/Presentation/Session3-D-Angelo/PDF/1-Fabi_DRMKC_10_march.pdf.
- ¹⁰ Copernicus Emergency Management Service (© 2016 European Union), EMSR177, <https://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSR177>.
- ¹¹ <https://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSR190>.
- ¹² <https://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSR194>.
- ¹³ https://emergency.copernicus.eu/mapping/sites/default/files/files/CopernicusEMS_RapidMapping_ProductUserManual_v1.pdf.
- ¹⁴ Gottfried Grünthal, *European macroseismic scale 1998*, in «Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie», 15, 1998.
- ¹⁵ Silvana Cotrufo, Constantin Sandu, Fabio Giulio Tonolo, Piero Boccardo, Building damage assessment scale tailored to remote sensing vertical imagery, in «European Journal of Remote Sensing», 51 (1), 2018, pp. 991-1005.
- ¹⁶ http://www.un-spider.org/sites/default/files/IWG_SEM_Guidelines_Building%20Damage%20Assessment_v1.0.pdf.
- ¹⁷ https://ec.europa.eu/italy/news/20160824_risposta_emergenze_it.
- ¹⁸ http://www.protezionecivile.gov.it/media-comunicazione/comunicati-stampa/dettaglio/-/asset_publisher/default/content/la-protezione-civile-al-forum-pa.
- ¹⁹ <https://geodati.gov.it/geoportale/notizie/224-terremoto-le-mappe-catastali-su-copernicus-per-la-catalogazione-degli-edifici-danneggiati>.
- ²⁰ http://www.protezionecivile.gov.it/media-comunicazione/magazine/dettaglio/-/asset_publisher/default/content/la-gestione-dei-dati-geografici-durante-l-emergenza-centro-italia.
- ²¹ <http://www.protezionecivile.gov.it/attivita-rischi/rischio-sismico/emergenze/centro-italia-2016/mappe-interattive>.
- ²² <http://opendatadpc.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=d2c4cd9a006142a1b552deefc355c124>.
- ²³ Silvana Cotrufo, Constantin Sandu, Fabio Giulio Tonolo, Piero Boccardo, *Building damage assessment...* cit.
- ²⁴ <http://www.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=ac2219afe923445fb490f6813600c5d3&extent=13.2914,42.7708,13.3006,42.7742>.
- ²⁵ <https://www.mapillary.com/>.
- ²⁶ <https://medium.com/geoai/building-footprint-extraction-and-damage-classification-8a5458759332>.